

明治期の科学機器とその製作技術

著者	高橋 智子
雑誌名	国際文化研究科論集
巻	5
ページ	121-140
発行年	1997-12-20
URL	http://hdl.handle.net/10097/34457

明治期の科学機器とその製作技術

高 橋 智 子

1 はじめに

一口に科学機器 (scientific instruments) といっても、その種類、用途はさまざまであり、歴史的には何をもって科学機器と定義するのか議論があるように⁽¹⁾、その名称、種類、役割などは科学の発展段階や科学の社会的役割の変化に合わせて変容してきた。ここでは、とりあえず何らかの自然科学的知見を獲得するために用いられる機器群の総称として科学機器の用語を用いる⁽²⁾。

日本では近代科学の移植と並行して「科学機器」の導入が行われ、明治初期にはすでに物理学や化学教育のための理化学機器製造業が形成されたことが知られる⁽³⁾。しかし、教育用機器はいわば既知の科学的知見を確認するためのものであり、新たな科学的知見を獲得するための研究用機器とは、当然ながらその機能、性能に大きな違いがあり、その製作技術も自ずと違っている⁽⁴⁾。とはいえ教育用機器の多くはかつて歴史的には新たな科学的知見を獲得するための研究用機器であったことも少なくない。科学や科学機器の発展にともなってかつては先端的分野の機器であったものが、教育用へと当然ながら変容するわけで、教育用・研究用の区別は歴史的には相対的なものといえる部分をもつ。また教育用といっても初等教育から高度研究者養成の教育まであり、高度になれば研究用機器そのもので教育は行われるわけで、判然とは区別しがたいものも存在するのが実状である。しかしそれでも、科学の発展過程に照応した科学機器に注目しようとすれば、それは研究用科学機器ということになる。ところが科学機器の製作は基本的には生産技術レベルに規定されている⁽⁵⁾。つまりどのような科学機器が製作されるのかは、自国の生産技術レベルによって決定されるために、それが当該国の科学研究の発展段階に照応するとは限らない。だからこそ近代的な機械工業の成立が遅れた日本では、研究用機器の多くを輸入に頼ってきたのである。しかしその一方で、外国品に頼った状況では「外国より先立って日本が何らかの事実を発見し、何らかの理論をたてるということは不可能」⁽⁶⁾という認識が研究用科学機器の開発を組織的に手がける1つの動機になったように、創造的な科学研究では、多くの場合、その創造性に見合った科学機器の創出が行われてきた。つまり研究用科学機器を製作しうる生産技術の有無が、科学研究の展開を左右するような分野が存在するのである。日本の科学研究が「自立」するのは概ね1900年代といわれるように⁽⁷⁾、科学機器製造部門が産業の一分野を担うだけの地位を確立してくる1910年代⁽⁸⁾とほぼ同じ時期であり、しかも日本の産業が近代的な機械工業生産に移行した時期に照応していることは、注目して

おくべきことである。

こうしてみると、科学機器やその製作技術を通じて科学と技術との関係やその歴史的特徴が見えてくるものと考えられる。本論では、明治以降の日本における科学機器製作の展開過程を、とくに研究用科学機器製作を可能にする技術はどう蓄積されたのかについて、輸入機器との関連に注目しつつ、いくつか具体的事例を取り上げて検討する。その際、産業技術の導入プロセスとして従来一般にいわれてきた輸入、模倣、国産化という過程が、この分野でもいえるのか否か、ひるがえって産業技術導入のこの三段階プロセスの規定を再考する余地の問題をも検討したい。とはいえ、科学機器製作分野の歴史研究はまだ始まったばかりであり、歴史事実そのものの発掘が必要な分野である。ここでは本格的な資料調査・分析に先立って課題を整理することに努めたい。

2 東京開成学校「製作学教場」における理化学機器の製作

1874（明治7）年に東京開成学校に設置された製作学教場は「わが国の中等工業教育機関の萌芽」⁽⁹⁾といわれ、その教育カリキュラムの1つに理化学機器の製作や薬品の製法が取り上げられている⁽¹⁰⁾。設置目的の第1は「実地術業ヲ学ハシム」ことに置かれていた。「化学物理学数学等ノ学ハ製作学ノ基本タルヲ以テ之ヲ予科トシテ其ノ大略ヲ学ハサルヲ得サルナリ」と規定されており、科学的素養をもった職工の養成が意図されていたことがわかる。科学機器製作には科学的知識が不可欠で、外国製品を模倣するにも、単に形や構造をまねただけでは必ずしも科学機器としては機能しない。こうしたことが自覚されていたのかどうかは、具体的な教育内容の検討が必要とされるころではあるが⁽¹¹⁾、科学機器製作者を養成するとすれば、こうした教育システムの優位性は明らかである。この製作学教場で実際に製作された機器は1875（明治8）年度中に140余种2,400余点といわれ⁽¹²⁾、1875（明治8）年9月から翌年10月までに1,323点が製作され、1877（明治10）年度には諸府県の嘱託に応じて21組の中学小学校用物理器械を送っている⁽¹³⁾。またその製品は1876（明治9）年のフィラデルフィア万国博覧会に文部省の名で出品され⁽¹⁴⁾、1877（明治10）年の第1回内国勸業博覧会では東京大学理学部工作場の製品として龍紋章を授与された⁽¹⁵⁾。したがって、当時のわが国としては最高の理化学機器製作が行われていたものと判断される。そこで、それがどのような製作レベルにあったのか、内国勸業博覧会の出品解説⁽¹⁶⁾から具体的に検討してみる。

製作方法は、金属部分をもつ物理学星学用器械、楮製模型、石膏製模型の3種に大別されている。「物理学星学用ノ器械金属ハ器械ニテ其形ヲ製シ、鉋削、研磨ノ後、金色漆ヲ以テ着色シ」、「楮製ノ模型ハ漆ヲ以テ型ヲ造リ、楮ヲ型中ニ入レ、抑圧シテ其形ヲ製シ、色料ヲ以テ之ヲ彩飾シ、「コーパル、ヴァーニシ」する。また石膏製の模型は「乾藻ヲ以テ型ヲ造リ、石膏ヲ水ト混和シ型中ニ注キ入レ、日光ニ乾シテ成ル」というものであった。「コーパル、ヴァーニシ」というのは「ゴムコーパルヲ云、ゴムヲ亜麻油並松根油ニ溶解シテ製シタルモノニテ漆ノ類ナリ」と説明されているが、要するに仕上げにワニス塗られたのである。主な生産設備は螺旋盤、鑽孔盤、鉋削器、齒割

器械、手万力で、それらは「悉ク人力ヲ以テ運転」された。製作された機器は「外邦ヨリ購入セル器械ヲ模作」あるいは「教授ノ計画」したものであったという。表1に出品解説に掲載された36品から主なものを掲げた。これを見る限り、物理学器械の製作が中心だったと推察される。力学、光学、熱学、音響学、電磁気学用と、この時代の物理学分野を一通り含んでいるが、いずれも物理学的現象を定性的に理解させるものが主体であり、物理量を測定するための測定機器類などは1つも製作されていない。またその「素質」や「用料」、製作方法、生産設備のどれ1つをとってみても、ヨーロッパのこの時期の研究用機器の発展段階に比較すると⁽¹⁷⁾、物理的現象を観察しうる程度のものであり、科学研究に耐えるような機器製作レベルに達していないことは明瞭といえる。

表1 製作学教場の主要物理器械

製 品 名	素 質	用 料
惰 性 器	象牙、銅、鉄	漆
遠心力試験器	桜木、真鍮、玻璃、鍍	漆、金色ウォーニシ
回転体ノ理ヲ試験スル器	真鍮、青銅	漆、金色ウォーニシ
アトウツ氏装置	扁柏、楮木、真鍮	金色ウォーニシ
水ヲ以テ重量ヲ提起スル器	布、真鍮、玻璃	金色ウォーニシ
水 搾	真鍮、鉄、玻璃	鍍色漆、金色ウォーニシ
反 動 車	桜木、真鍮	黒漆、白漆、金色ウォーニシ
排 気 機	桜木、真鍮、玻璃	金色ウォーニシ
自 湧 泉	扁柏、真鍮、玻璃	黒漆、白漆、金色ウォーニシ
ヒロー氏噴泉	真鍮、玻璃	金色ウォーニシ
調 音 叉	扁柏、鋼鉄	梨子地漆
琴絃振動ノ法則ヲ検定スル器	桜木、鉄、真鍮、銅	梨子地漆
膨 張 器	真鍮、銅、亜鉛、玻璃、鉄	漆
模型蒸気機	桜木、真鍮、銅	煉瓦石、色料
返 射 器	真鍮、鉄	金色ウォーニシ
多像返射器	桜木、青銅	漆
三稜玻璃	水晶、真鍮	金色ウォーニシ
驗 光 器	扁柏、真鍮、玻璃	漆、金色ウォーニシ
ニュートン氏験色器	桜木、錫葉板、真鍮	漆、七色、色料、金色ウォーニシ
ノルレンベルク氏装置	桜木、真鍮、玻璃	漆、金色ウォーニシ
摩擦電気器	桜木、玻璃、錫葉	
アルキメデス氏螺旋汲水器	扁柏、真鍮	黒漆、白漆
遊星回転器	桜木、桐木、錫葉、銅鉄線	黒漆
アルテジャン穿井模型	玻璃、土、鉄、真鍮	金色ウォーニシ

『東京帝国大学五十年史』によれば、「製作学教場の如き浅金実用のものを併置するは、専門学校としての体面を得たるものにあらざるべし」⁽¹⁸⁾との理由から、1877年2月、設置からわずか3年でこの製作学教場は廃止されている。製作学教場への入学者は初年度の製煉科32名、工作科19名と、1876（明治9）年製煉科24名の計75名であるが⁽¹⁹⁾、結局は卒業生を出さずに終わっている。また出品解説によれば、その設備は東京大学理学部に引き継がれて「専ラ諸家必要ノ機械模型ヲ製造修繕シ並ニ諸府県ノ囑託ヲ受ケテ中学小学校用ノ物理器械ヲ製出」する「工作場」になったとあり⁽²⁰⁾、製作学教場の製品が東京大学理学部の名で出品された事情は理解できるが、東京大学の関係資料からはこの工作場に関する記述は今のところ見当たらない⁽²¹⁾。中川によれば、筆者は未見であるが『文部省第5年報』には1877年の東京大学理学部工作場の職員として工作方長田銀蔵の他に製作方3名と日雇いの工作方手伝い2名と記されているとのことであるが、翌年以降はこの文部省年報からも工作場の記述は消えているという⁽²²⁾。また1881年の第2回内国勸業博覧会に東京大学理学部の出品は見られず、その報告書によれば、製練社、長田銀蔵、藤島常興の三者が教育博物館の依頼で教育用理化学機器の製作を行っていることがわかる⁽²³⁾。しかもその物理器械には製作学教場で製作されたものはほぼすべて含まれていること、また長田銀蔵がそうであるように、製練社の社員も製作学教場で学んでいるなど⁽²⁴⁾、製作学教場と関わりをもつことが確認された。こうしたことから、理学部に引き継がれた工作場では、その後、教育用機器製作が行われなかったことは明らかであるが、工作場そのものが廃止されたとも推測できるのである。

3 内国勸業博覧会にみる科学機器とその製作者

そもそも明治時代に科学機器が実際にどの程度の規模で製作され、それらの性能がどうであったのかといった具体的な内容はこれまでほとんど知られていない。科学機器業者として著名な島津製作所、離合社、ヤマト科学、サクラ精機などは明治期に創業し今日まで続いている科学機器業者ではあるが、内国勸業博覧会の審査報告を見ると、実際にはこうした事業者以外にかなりの数の事業者が当初科学機器と称される分野に参入していたことが知れる。そこでこの報告書によってこの分野の実態を見ておくことにする。

(1) 報告書によると⁽²⁵⁾、第1回内国勸業博覧会（1877年）の出品物は実に6区58類に及ぶ多岐にわたって分類され、展示されている。先の製作学教場の教育用理化学機器が出品されたのは第2区「製品」第16類「教育器具」で、科学機器類の大半がここにまとめられたと見ることができる⁽²⁶⁾。その出品数は700余点、出品者は個人を中心に約200名に達している。しかしこの中には雑誌や教科書などの書籍類や新聞、地図のほか、石盤や鉛筆、筆など文房具類が含まれ、これらが細分されることもなく機器類と一緒にされている。要するに実態としては教育用品や用具の出品、展示の域を出ていなかったのである。また機器類も尺度や権衡などの度量衡器、算盤が大半を占め、近代科学に固有な教育機器類と見られるものを抽出すると約50点に過ぎない。こうした実態から見れば、製

作学教場の製品群の存在はまさに傑出していたことがわかる。一方、東京大学医学部、造幣局もまとまった出品を行っており⁽²⁷⁾、近代的な科学・技術導入に中心的な役割を果たした国家機関が、教育用機器の製作でも中心的な存在であったことがわかる。個人の出品では、皆川久兵衛、村田長兵衛、熊崎安太郎らの寒暖計、清水金左衛門の乾湿計、西口初五郎、土屋金蔵らの羅針盤などが注目される程度であった。

(2) 第2回内国勸業博覧会(1881年)では、第2区第14類「教育及ヒ學術ノ器具」⁽²⁸⁾として多少なりとも科学機器類のまとまりを見せるように成長している。しかも「理化学、天文学、数学、航海術、測量術ノ器具、装置等」、「度、量、権衡」、「時辰錶、水漏、沙漏、驗晷表等」、「光線学ノ器具、装置、眼鏡類、写真、写真石版、及ヒ熱学ノ装置」、「電気及ヒ電信ノ器具、装置」と、物理、化学、天文学や測量器具、度量衡、時間計測、光学、熱学機器、電気機器といった物理学や化学分野に固有な機器群が顔をそろえて、5項目19種に細分されるようになった。もっとも航海術や測量術、電信といった実用機器や日用品の眼鏡、写真石版、写真といった機器までが理化学や天文学、数学などと区別されることなく同列に置かれており、こうした実用機器類の出品数が全体としては教育用・研究用機器類を上回っている段階にとどまっていることも確認しておく必要がある。

もちろん実用機器の使用先は大学ではなく、内務省地理局や測候所、海軍水路局、開拓使、工部省の灯台局、電信局などで、機器類の製作・出品自体これら機関によるものが中心である。実際、工部省電信寮には製機掛が置かれ、1873(明治6)年に仮工場を設置し、1878(明治11)年には製機工場を完成させて製機所を開設しており、お雇い外人技師シェーファー、田中精助らが中心となって、種々のガルバノメータをはじめ計測器、電信機、音響機の国産化に努力がなされたように⁽²⁹⁾、現業機関が必要に迫られて科学機器製作技術を蓄積していったことがうかがえる。しかし個人出品でも、明工舎の沖秀正による音響機とマイクロホン、広瀬自慰による電話機、大和田善三の室内招喚器、中田清次郎の幻燈、皆川久兵衛の驗液器、平田貞亦の醸造用寒暖計、松井忠兵衛が富森治栄に製作させた航用羅盤、測方羅盤、時計商の高橋熊吉の航用羅盤、大野規周の船用羅盤、藤島常與とその長男常明の六分儀、観象用寒暖計、測距器、製図器、宮田藤左衛門の「ゴニヤスメートル」と、実用機器類の出品者が多いことから、こうした分野では一定の需要があったことがわかる。なかでも眼鏡の出品者は16名に達し、算盤に次いで出品者が多くなっている。もちろんその製作技術の水準ではいささか問題といえるものもあるが、青木梅蔵の眼科用視眼鏡、朝倉サヨの度数に応じた一連の眼鏡などその種類が広げられ、意欲的な試作が行われたことをうかがわせる。

一方、個別には度量衡器がもっとも多く、次いで理化学機器となるが、理化学機器の大半は文部省教育博物館の依頼によって藤島常與、製練社が製作した教育用のものであった。個人では島津源蔵の蒸留器、熊崎安太郎の葉びん、前野英太郎のリトマス試験紙などが注目されるが、天文用望遠鏡は「一品ヲ見ズ」⁽³⁰⁾、顕微鏡は「動植学解剖学ノ用ニ共ス可キ者アラズ」⁽³¹⁾の状態であり、数学器具としては算盤のほかは筆算用具として鉛筆や石筆、墨汁等が出品されるなど⁽³²⁾、機器そのも

のの構造が複雑で製作それ自体にかなりの科学的知識を必要とする部門ではほとんど見るべきものがない状況であったといえる。こうした実態を憂えた審査部長の近藤真琴は「予故ニ曰ク学者ハ願クハ実業ヲ略知セン事ヲ、工人ハ願クハ學術ニ涉獵セン事ヲ」⁽³³⁾と記している。

(3) 第3回内国勸業博覧会(1890年)からは第5部「教育及学芸部」⁽³⁴⁾として独立した部門が設けられ、科学機器類はその第1類「教育及學術ノ図書、器具」にまとめられ、明らかに第1回、第2回の水準を超えていることがわかる。細目でも「理化学、地学、星学、気象学ノ器械」「数学、航海術、測量術ノ器具、器械」「度量衡」「眼鏡、望遠鏡、顕微鏡其他視学器械及其付属品」「電信其他電氣器械及其装置」のほか、「図学模型及図引器械」が設けられ、またそれまで気象学に含まれていた晴雨計、寒暖計などが時計と一緒にされ「時計、晴雨計、寒暖計其他精測器」としてまとめられて、全7項目に分類された。いわゆる計測器類が1つの分野にまとめられたことは、それらに対する一定の需要があったことを示すものとして注目されてよい。これら7項目に地質学の標本や楽器類などを加えた出品者数は322人、出品点数は3,172に達した⁽³⁵⁾。この分野の出品数としては5回の内国勸業博覧会のなかで最高といえる。褒賞を受けた者は93人である⁽³⁶⁾。またごく一部を除いてこの分野への官庁諸機関からの出品はなく、個人や民間工場の出品が大半を占めている点で、また製作学教場や製練社、藤島常與らが製作してきた教育用理化学機器の姿がほとんど消えた点で、前回までとは明らかに異なる状況が生まれている。

1890(明治23)年といえば、すでに工部省は廃止されており、官営工場は軍備に直接関係あるものの以外は民間へ払い下げられていた。こうしたことが科学機器の出品者の変化となって現れたものといえる。また教育用理化学機器についていえば、すでに全国の小中学校にそうした理化学機器がかなり普及していたこと⁽³⁷⁾、しかも教師による教育用理化学機器の自作が奨励されたことなどが⁽³⁸⁾、この分野への出品を減らしたものといえる。実際、教育用物理器械を出品したのは東京機械製造会社1社にすぎないが、その「簡単物理器械」に対する審査評は、「教員自ラ有合セノ材料ヲ以テ」製作すべきもので、「製作場ニ於テ製シタルモノヲ購入シ備フヘキ性質ノモノニアラス」⁽³⁹⁾というものであったのである。

したがって出品は実用機器あるいは研究用機器ということになるが、全体として輸入品の模造が多くしかも「標本ノ外形ヲ模擬スルニ止リ、其器ノ機要ハ孰レニ在ルカヲ解セス故ニ之ヲ使用スルニ当リ殆ント用ニ堪サル者」⁽⁴⁰⁾と、職工の科学的知識が十分ではないことによる問題が厳しく指摘される状況にあったのである。しかしこの回から審査官には帝国大学の教授陣がずらりと顔を揃え⁽⁴¹⁾、審査報告は数学教授の菊池大麓の執筆であるように、審査そのものが前回までとは比較にならない厳しさで行われたであろうことは容易に想像される。例えば、寒暖計の審査では標準寒暖計との比較測定が数日間にわたって行われるなど、審査そのものが科学的に行われたことがわかる。その審査評も「二三度の差アルハ勿論甚タシキハ五六度の差アルモ免レサル」⁽⁴²⁾など具体的に記述された。しかも「第一管ノ作り方甚タ悪シキコト、第二水銀ノ入レ方拙ニシテ管中ニ空気ヲ存スル極メテ多

キコト、第三度盛りノ正シカラサルコト」⁽⁴³⁾と問題点が列挙されるなど、科学者らしい批判が行われている。その批判の目は「零点ハ冷水ヲ以テ之ヲ定メ沸騰点ハ熱湯ヲ以テ定ムト記シタルモノ多シ是レ大ナル誤リナリ」⁽⁴⁴⁾と、出品者の解説書の内容にまで向けられている。この批判を見れば、それまでの寒暖計がいかにひどいものであったか推して知るべしであろう。こうした中で評価されたものを挙げれば、守谷定吉の天秤、山崎豊太郎の寒暖計、村田長兵衛の眼鏡、沖牙太郎の電話機、三吉正一の諸種「メートル」(電気計器類)、今村彌兵衛の簡便算理器、東京機械製造会社の空気ポンプ、耕山愛太郎の乾留器など10点にも満たなかった。

表2 第4回内国勸業博覧会褒賞科学機器一覧

出 品 者	出 品	擬 賞	府 県
鈴木 金一郎	寒暖計、晴雨計	一等賞	東 京
井 上 兼太郎	製図機械	二等賞	岐 阜
大阪時計製造(株)	振子時計、懐中時計	二等賞	大 阪
島 津 源 蔵	ビヤンキ排気機 ウォームシャスト発電機	二等賞	京 都
京都時計製造(株)	振子時計、八角時計、大時計	二等賞	京 都
林 市兵衛	振子時計	二等賞	愛 知
加 藤 友太郎	蒸発皿坩堝	三等賞	東 京
中 村 浅 吉	製図器械	三等賞	東 京
宮田 藤左衛門	製図器械	三等賞	東 京
松 井 泰 造	硝子化学器械	三等賞	大 阪
宮田 藤左衛門	鉷山羅針、観測器、縮図器、 分度器	褒 状	東 京
中 村 浅 吉	プラニメートル ハンドレベル	褒 状	東 京
佐 藤 福次郎	寒暖計	褒 状	東 京
百 木 伊之助	晴雨計、寒暖計、比重計	褒 状	京 都
萩 野 清 助	寒暖計、比重計	褒 状	京 都
向 與兵衛	眼 鏡	褒 状	京 都
江久保 庄兵衛	時 計	褒 状	大 阪
兆 出 作次郎	時 計	褒 状	大 阪
山 口 源兵衛	比重計	褒 状	大 阪
多 田 吉兵衛	眼 鏡	褒 状	大 阪
覚 道 栄次郎	眼 鏡	褒 状	大 阪
西 村 七兵衛	眼 鏡	褒 状	大 阪
加 藤 善 八	寒暖計	褒 状	愛 知

(4) 第4回内国勸業博覧会(1895年)⁽⁴⁵⁾では「教育」と「学芸」が分けられ、科学機器類の多くは「学芸」に分類され、「物理学、化学、地学、地震学及気象学ニ関スル用品、器械」、「数学、星学、航海術及測量術ニ関スル用品、器械」、「書画ニ関スル用品」、「時計、晴雨計、寒暖計其他精測器」、「望遠鏡、顕微鏡其他視学器」の5項目に細分された⁽⁴⁶⁾。この分類からもわかるように、この回から度量衡器類は別分類とされ、また算盤は「教育」に分類された。その影響と考えられるが、5項目の出品者総数は57、出品総数は592と両者ともに激減しており⁽⁴⁷⁾、それまで度量衡や算盤などの出品者がいかに多かったのかを改めて確認できる。褒賞を受けた者は23人である。その一覧を表2に掲げた。

表2から、製図器、眼鏡、寒暖計など実用的な機器類しかも測定機器類の製作技術に進歩が見られること、しかも鈴木金一郎の寒暖計、晴雨計に対する審査評は「製作精巧刻度正確學術ニ資シ実用ニ適ス価格廉ニシテ能ク輸入ヲ防クニ足ル」と評価されており、その製作技術が研究用の一步手前まで来ていることがうかがえる。その一方で顕微鏡や望遠鏡といった光学機器類はこの段階でも実用の域に達していないことが確認できる。望遠鏡については一切記述はなく、顕微鏡は三浦常吉、三原親輔の2人が出品しているが、「其拡大力ヲ二百倍又ハ百五十倍ト称スレトモ皆二十倍ノ拡大力ヲ具フルノミニシテ僅ニ穀物ノ顆粒ヲ明視スルノ用ニ供スヘキモノナラン」⁽⁴⁸⁾というものであった。また、有功二等の島津源蔵の出品に対する評価では「製作精巧ナリト雖モ過大ニシテ為メニ価格ヲ高カラシメ而カモ実用ニ於テ之カ為メニ益スル所ナシ、是レ出品人製作上ノ技量ニ富ムモ學理上ノ知識足ラサル因ニヨル」⁽⁴⁹⁾と、前回同様その科学的知識の不足が指摘されるなど、多くはまだまだ研究用機器とは言い難い段階にあったことも事実である。

この回の審査報告を書いたのも菊池大麓であるが、ここでは前回のような職工の科学的知識の不足を一方的に責め立てるトーンは幾分和らぎ、工業教育の振興が急務であること、需用者側に価格ではなく機器の優秀さで選択する姿勢が必要なこと、そのためには需用者側も一定の科学的知識を持つ必要があり、科学教育の普及が求められることなど、積極的な提言が行われている⁽⁵⁰⁾。

(5) 第5回内国勸業博覧会(1903年)では、測量術や地震学、気象学、航海術の機器類は「時計、晴雨計、寒暖計其他精測器」と一緒にされ、独立した分類項目「測定器」⁽⁵¹⁾にまとめられた。これによって「学芸」⁽⁵²⁾中の科学機器類は「数学及力学器械」、「音響学器械」、「光学器械」、「電気学及磁気学器械」、「化学器械」、「各種學術器械」に分類され、ようやく自然科学の諸分類に対応しうる機器の概念が定着したと見られる。出品・出品者数は数学関係が164点、37人、力学、音響、光、電気、磁気の物理関係が88点、30人、化学関係が81点、16人で、褒賞人数はそれぞれ25人、11人、8人であった。数学関係の点数が多くなっているが、今回はまた算盤が含まれた影響と見られる。算盤を除くと褒賞は大阪の数学専門学校校長小森数蔵1人であり、記述も小森の「立体幾何学組立器具」以外はすべて算盤であり、実質的には見るべきものはない。物理関係と化学関係の褒賞を受けたものを表3に掲げた。機器の種類が豊富になっていることは明らかであるが、とくにX光線用三十

センチ火花コイルなど最先端の研究分野で利用されるような機器が登場していること、またヘリオスタットなど複雑な構造のものが実用の域に達しはじめていることなどが注目される。安中常次郎は東京工科大学の無給助手として火花コイルを研究し、審査でも「材料ノ選択及絶縁等ノ事頗ル勤メタリ」⁽⁵³⁾と研究努力が評価された。野口健蔵のヘリオスタットは「専門家ノ指導ヲ受ケ多年勉強セルノ結果」⁽⁵⁴⁾であり、また東京教育品製造会社は「酒井理学士ノ指導ヲ受ケ苦心」⁽⁵⁵⁾したものであるなど、研究者や大学との結びつきがこうした科学機器の製作水準を引き上げていることが知られる。

表3 第5回内国勸業博覧会の褒賞科学機器一覧

出 品 者	出 品	擬 賞	府 県
教 育 品 製 造 合 名 会 社	水銀排気機、反射電流計 ホイットンブリッジ インダクションコイル	二等賞	東 京
島 津 源 蔵	物理学器械（詳細不明）	二等賞	京 都
安 中 常次郎	X線用24センチ火花コイル	三等賞	東 京
森 谷 精 一	排気機	三等賞	兵 庫
野 口 健 蔵	自動ヘリオスタット	三等賞	佐 賀
熊 崎 安太郎	物理学用玻璃器	褒 状	東 京
早 川 熊治郎	サイレン	褒 状	大 阪
和 田 亥之助	没色プリズム	褒 状	大 阪
辻 米 蔵	検電器	褒 状	大 阪
野 口 健 蔵	インダクションコイル	褒 状	佐 賀
加 藤 友太郎	蒸発皿	三等賞	東 京
耕 山 愛太郎	陶製排気機	三等賞	京 都
村 瀬 光太郎	坩 堝	三等賞	愛 知
熊 崎 安太郎	化学用玻璃器	褒 状	東 京
加 藤 友太郎	坩 堝	褒 状	東 京
上 田 政兵衛	ビーカー	褒 状	大 阪
村 瀬 光太郎	エキシカートル、磁製水槽	褒 状	愛 知
馬 場 重太郎	貯水器、坩堝、蒸発皿	褒 状	愛 知

わが国の産業教育は、1890年代から1900年代にかけて、その制度の整備を一応完了するといわれ⁽⁵⁶⁾、なかでも文部省がもっとも力を入れたのは工業教育の振興であり、1896年学校数9校、生徒数1,933人だった工業学校の規模は、1905年には学校数34校、生徒数5,624人とほぼ4倍に膨れ上がった。

ている⁽⁵⁷⁾。しかもその教育課程のカリキュラムは、基礎的な普通科目、職業関連学科目、実習の3本立てとされた⁽⁵⁸⁾。こうした技術教育の普及が教育用科学機器類の普及に関係したことはいわずもがなのことかも知れないが、機器供給の増大が一方で科学機器製作の進展に結びつき、この分野を支える人材を育成したと見ることができる。

4 東京帝国大学における科学機器製作

科学機器製作に科学的知識が不可欠であることは見てきた通りである。だとすれば、科学研究機関内部の工場はもっとも好条件に恵まれた場所と考えられる。実際、イギリスのケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所をはじめドイツのマックスプランク研究所、アメリカのシカゴ大学ライオンソン物理学研究所など欧米の科学研究機関は、いずれも研究用機器製作を専門とするワークショップを内部に持ち、そうしたワークショップや研究機関と密接に結びついた形で科学機器メーカーが誕生してきた歴史をもっている⁽⁵⁹⁾。日本においても先の製作学教場から育った製練社をはじめ、島津製作所をそうしたものの一つと見ることはできるが⁽⁶⁰⁾、科学研究部門と科学機器製作部門とが組織的に結びつけられたものではなく、いずれも製作者側の個人的な努力の結果であり、研究用科学機器製作では十分な成果を上げ得なかったことは、すでに見てきた通りである。

一方、東京大学ではすべて外人教師によって指導が行われ、研究用機器のほとんどを彼ら自身が持参あるいは自国から取り寄せていたことを考えれば、製作学教場を引き継いだ理学部附属工場が科学機器製作部門として位置づく条件はなかったといえる。仮にそれが可能だとすれば、研究の指導権が日本の研究者の手に移されて以降と推測されるが、そうした体制ができあがった帝国大学時代にも、ワークショップのような組織が作られた形跡は見あたらない。

とはいえ、科学機器製作を担当する人員がまったくいなかったわけではない。「理科大学雇い」あるいは「嘱託」という形で職工がいたことを示す資料がわずかだが残されている。その一つ「理科大学職員一覧表」によれば、帝国大学設立当時、物理学教室に金属工の佐野克之、小泉清蔵、木工の小泉伊兵衛、地震学教室に千野米吉、星学教室に水原準三郎、地質学教室に器械工の米川平次郎などが雇われていたことが知られる⁽⁶¹⁾。こうした職工について具体的なことはほとんど知られておらず、これからの資料発掘が不可欠な分野ではあるが、いくつかの資料をもとに、研究部門と科学機器製作部門との関わりについて検討する。

研究の指導権が日本人の手に移った段階に入っても、研究用機器の多くが輸入品であったことを考えれば、職工の役割も基本的にはその保守管理や修理などごく限られたものだったと推測される。しかし例えば、千野米吉は関谷清景に指導を受け、濃尾地震や熊本地震の調査、あるいは浅草凌雲閣の耐震性の強度調査では大森房吉に同行していわば助手として働いたことが知られるように⁽⁶²⁾、少なくとも1890年代には研究部門を補助する役割を担っていたことがわかる。また、田中館愛橘による1884年電磁方位計、1884年ポケット電流計、1901年渦巻バネを利用した上下動地震計⁽⁶³⁾、大

森房吉による1902年微動計、1904年大森式地震計⁽⁶⁴⁾など、測定器機の開発が行われているが、これらの製作をこうした職工が担ったことも確かであろう⁽⁶⁵⁾。しかしこうした職工の存在が表に出ることは皆無に近く、その社会的身分はきわめて低いものであった。このことは、「雇い」という形態からもわかるが、給与面からもそれは裏付けられる。1890年当時、24歳の新任助教授であった長岡半太郎は年俸400円であったのに対し、職工は日給制で39歳の佐野克之が75銭、35歳の小泉伊兵衛が40銭ときわめて低額だったのである⁽⁶⁶⁾。しかも将来的な展望はほとんどなかったものと推測される。1896年ごろ千野米吉は将来のことを考えて独立を決意し、自ら工場を構えている⁽⁶⁷⁾。また乾電池の発明で著名な屋井先蔵は1890年に日給65銭で物理と地震の職工になるが半年でやめている。職工の出入りはかなり激しかったようであり、こうした状況に長岡半太郎は不満をもらしてはいるが⁽⁶⁸⁾、職工が置かれた社会的地位を考えれば、それも当然といえる。

鉱物・鉱山学者の和田維四郎が「職工ノ保護」を訴えたのは1889年であり⁽⁶⁹⁾、職工の社会的地位の低さや、工業を「紳士以外の業」⁽⁷⁰⁾と見る風潮があったことを考え合わせれば、科学機器製作部門が大学内に組織として位置づく可能性はきわめて少なかったと想像される。1889（明治22年）年の第1回『東京府農商工便覧』にある工業戸数調査から科学機器製作に関係ありそうなものを抽出すると、器械135戸、時計100戸、玻璃製造97戸、硝子細工50戸、磁石11戸、外科器械10戸、硝子磨8戸、ポンプ器械鍛冶6戸、学校器械5戸、医師器械5戸、電気器械3戸、寒暖計3戸、埴埴製造2戸、硝子製造1戸、電信工1戸であり⁽⁷¹⁾、その具体的な内容や規模はともかくも、かなりの数の職工が東京府下に存在したと考えられるのであり、こうした工場群がそれを代替したと考えられる。実際、千野米吉や屋井先蔵は独立後も大学に製品を納入し、製作上の工夫について相談を持ち込むなど関係を保っている⁽⁷²⁾。また離合社、田中合名、倭屋などの科学機器輸入業者も直営工場や下請け工場を抱え、輸入機器の据え付け修理、輸入機器以外の注文に応じていた。

とはいえ実験装置は個々の機器の単なる寄せ集めではなく、研究目的や研究方法、また実験対象や実験が行われる環境などに即した形で組み立てられるもので、優秀な輸入機器があればそれで済むというものでは必ずしもない。輸入機器など既存の装置を使うといっても何らかの調整や改良が不可避であったり、装置が使えるような実験試料を用意あるいは環境を整えるなどの必要があり、そこにはいわゆる科学理論とは異なるノウハウ、創意工夫が必要とされるのである⁽⁷³⁾。したがってどんなに優秀な輸入機器があっても、そうした条件が整わなければ、使いたくても使えない場合さえ生じる。帝国大学のローランド凹格子は、恒温設備が整っていなかったために「宝の持ち腐れに過ぎなかった」⁽⁷⁴⁾といわれるが、これなどはまさにそうした典型的事例といえる。19世紀後半、欧米各国で科学機器製作部門までビルトインした科学研究所が設立され、研究施設の充実や研究体制の組織化が進められたのは、こうした科学研究そのものの歴史的発展段階に照応したものであったのである。

日本では1917年の理化学研究所の設立によってはじめてそれは実現する。しかしそれ以前、1911

年に設立された東北帝国大学理学部でも、物理学科には木工場、金工精密工場が、化学教室にはガラス工場が置かれ、しかも金工精密工場の職工小田切謙を3年間ドイツに留学させて精密機械加工技術を修得させるなど、技術レベルをあげる努力がなされている⁽⁷⁵⁾。仙台という地理的制約が工場の設置を不可避にしたのであろうが、硝子工場は後に発展して独立の附置研究所となり⁽⁷⁶⁾、金工精密工場の充実が科学計測研究所の設置につながったように⁽⁷⁷⁾、工場の存在が新たな研究分野を拓く結果を生んでもいる。研究体制の問題は従来研究制度や研究条件の問題として、いうなれば社会的問題、科学の外的問題として論じられてきたが、実際には研究の展開そのものときわめて密接な関係にあることを示すものといえる。明治期の東京帝国大学の研究活動について、お雇い外国人の研究分野との関連はこれまで指摘されてきたが、今後、科学機器製造部門を持つことなく進んだ研究成果や活動の特徴を、こうした視点から再検討してみる必要があるだろう。

5 科学機器の輸入

わが国の科学機器導入は幕藩体制末期に長崎貿易を通じて盛んに行われたことはよく知られている。しかし、自然科学や工学の全分野にわたって体系的な導入がはじまるのは明治新体制になってからである。工学的分野の通信部門や軍事部門での種々な計測器類の導入が先行し、ついで教育制度の確立とともに教育現場における実験機器類ならびに測定器類、各種薬品・実験材料類の導入がはじまる。一方ではすでに触れたように工部省電信寮に見られたように独自の自作努力も払われるが、明治時代の科学機器製作は二三の例外を除いて未だ独立した産業を形成するにはいたっていなかったと見てよい。わが国の科学機器の普及は輸入貿易によるものを主としていた。旧京都帝大の科学機器類の保存状態などが近年調査されその多くが外国製であったことが改めて知られたが、そうした調査⁽⁷⁸⁾を待つまでもなく、第二次大戦前の科学機器類の状況は概ね海外に依存していたことは常識的な事実であった。

ところで文部省科学局が1943（昭和18）年に編纂した『科学研究用機械器具収録』という報告書がある⁽⁷⁹⁾。時局がら入手困難になってきた科学研究用の機器、装置類の使用状況の実態調査をした報告書である。一定の水準に達している機器類で、購入価格が時価100円以上のもの（重要度が高い機器類はこの限りではない）を中心に、「退蔵品」、「装置」、「使用中のもの」に分類し、性能・規格・容量、付属品名、現在使用状況、所属大学・高校・高工・高専・研究所名、所在（研究室名）、台帳番号、製作会社、価格、購入年月などを記したもので、研究者間での貸借を促す目的で各大学・諸研究機関で精査がなされた。これによると例えば「使用中のもの」約15,000点に及ぶ全国の品目が調査されたが、この時期でさえ平均すると20%を越える機器類が外国製品であった。また分野によってはほぼ100%に近い外国製品分野も存在していることが知れる。

そこで、わが国の科学機器導入の実態を理解するために、貿易統計を検討することにした。さしあたって『大日本外国貿易年表』（大蔵省主税局編）により、品目別統計が比較的揃っている1882

(明治15)年から1897(明治30)年までの状況を解析してみた。図1に1882年から1885(明治18)年までの、図2に1893(明治26)年から1897(明治30)年までの科学機器類輸入高推移を示した。主要な輸入先としてはイギリス、フランス、ドイツ、アメリカ、スイスの5カ国が確認され、統計のはじまる1882(明治15)年から1897(明治30)年のあいだ主要5カ国に変化はない。図にはこの他に国内の外国商社や官庁が直輸入した額を示したが、これらは国名が不確かなため、直輸入として一括してある。輸入先の1位はイギリスであり、貿易額は2位の国の1.5倍から3倍となっていることが知れた。また2位と3位は、はじめはアメリカ、ついでフランス、そしてドイツへと移るが、イギリスの絶対的優位は崩れない。

統計の始まる1882(明治15)年の品目を見ると、晴雨儀(バロメータ)、験温器(温度計)、権衡類(天秤、スケール等)のような気象観測機器や度量衡機器類に輸入が集中している。諸學術器類の内容は定かではないが、工部大学校を中心とした科学機器類の購入が反映しているものと考えられる。年を追うごとに分類される品目の数が増大し、1884(明治17)年には理學器、化學器という分類が登場している。また光学機器類の顕微鏡、望遠鏡、双眼鏡、写真機などの品目の輸入総額に占める割合は非常に高いことが知れる。この4品目が登場する1885(明治18)年科学機器類の輸入総額に占める4品目の割合は12.8%であったが、1893(明治26)年には38.9%に達し、日清戦争の

図1 科学機器類輸入高推移(1882-1885)

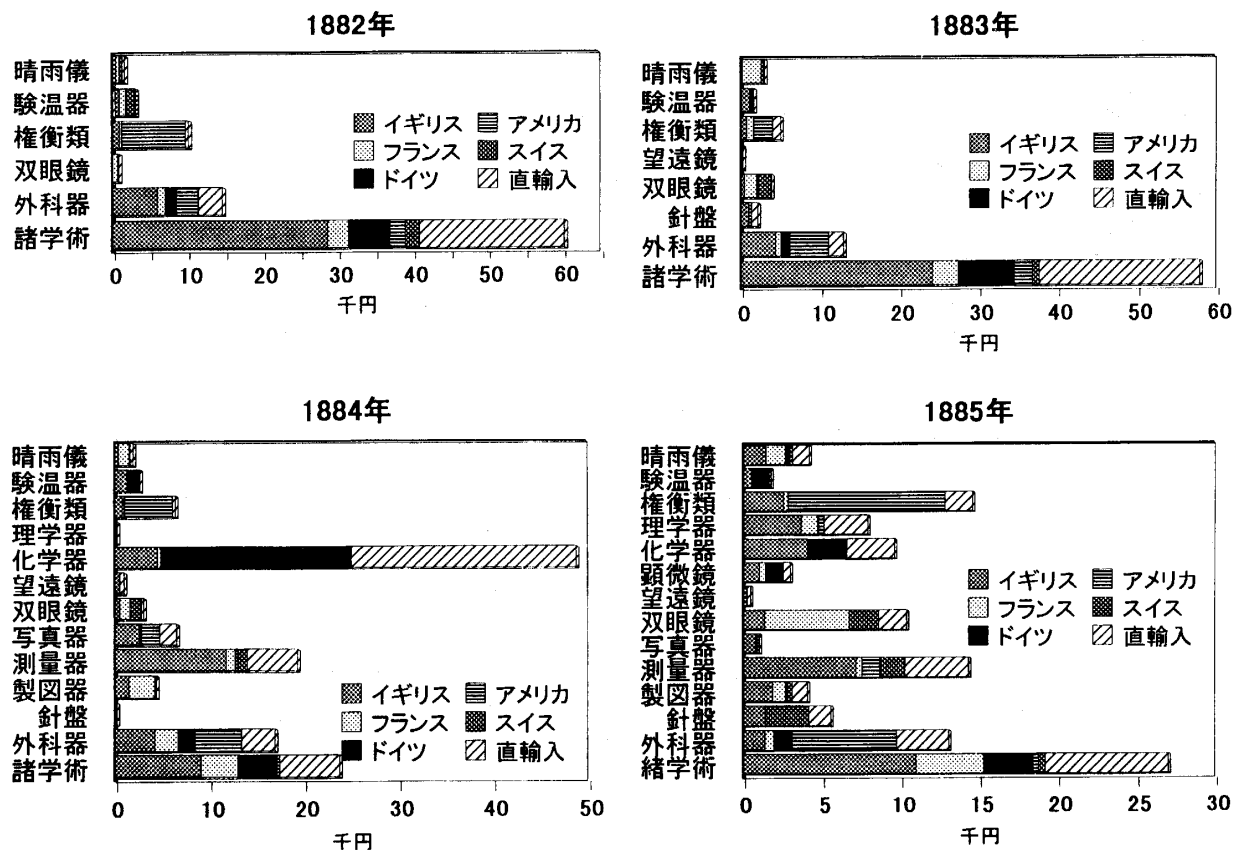
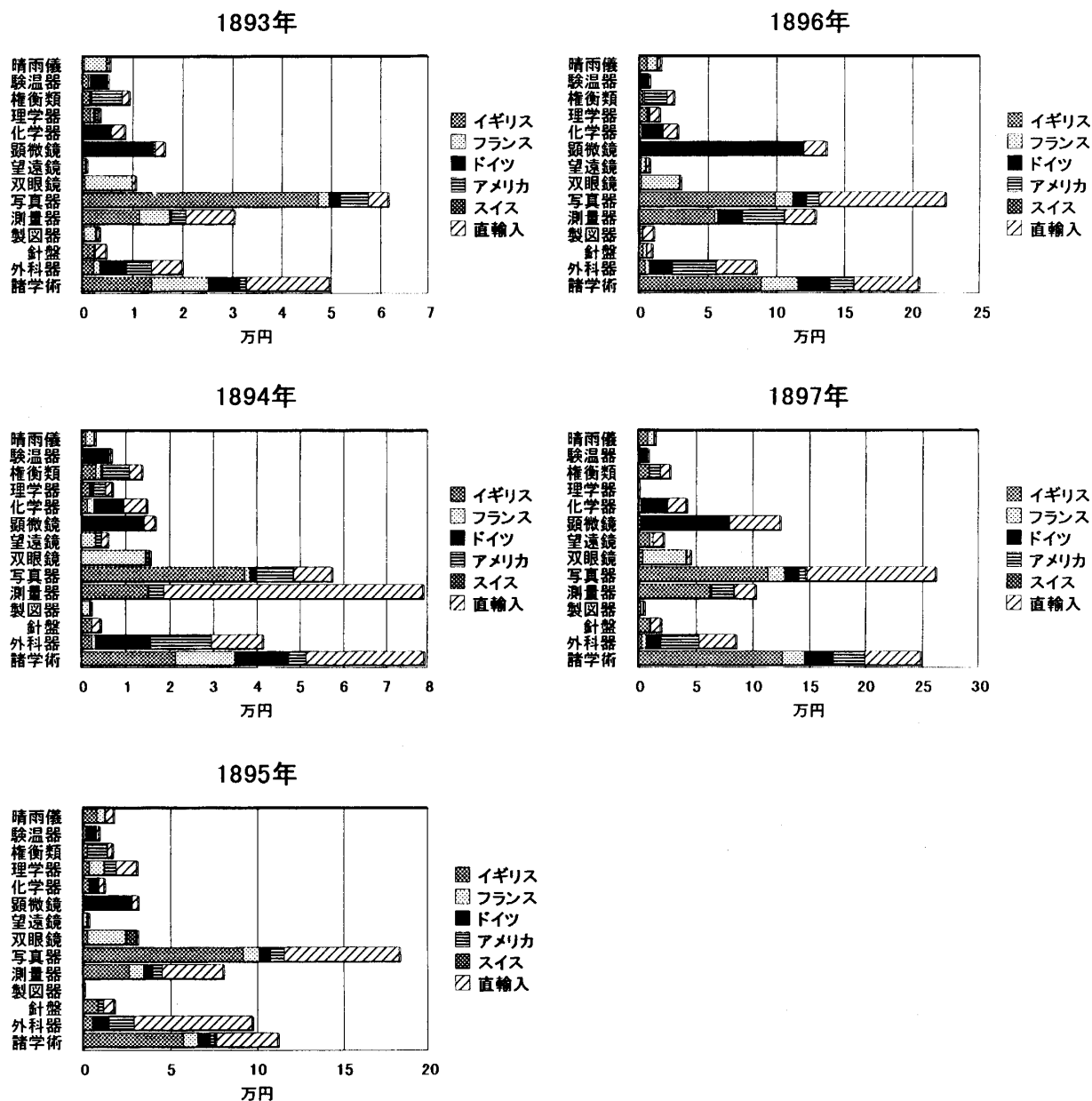


図2 科学機器類輸入高推移 (1893-1897)



影響で1894（明治27）年27.7%に落ち込むものの、1895（明治28）年には38.6%、1896（明治29）年42.9%、1897（明治30）年には45.1%と半数近くを占めることになる。光学機器類の輸入先では顕微鏡でドイツが他を圧しているが、望遠鏡と写真機ではイギリス、双眼鏡ではフランスが優位となっている。さらに精密機器類は依然としてイギリスからの輸入が多いが、19世紀末から20世紀に重要な役割を担うことになる光学計測機器類はドイツ、電気計測機器はアメリカ、そしてドイツとなっており、当該国の最先端技術の優位性がイギリスの絶対的優位にもかかわらず、特定分野では凌駕されはじめている

6 おわりに

以上、明治期の科学機器やその製作技術、科学機器の輸入状況について見てきた。

科学機器製作がいわゆる模倣から始まったことは確かであるが、それは小中学校用理化学機器のレベルでは可能であっても、その時代の欧米の科学研究に見合った科学機器製作では模倣そのものができずにいたことが確認できた。それどころか、そうした科学機器を使つての研究さえ不可能な場合が生じ、輸入機器を持て余す状況さえあったことも指摘した通りである。

1877年第1回から1903年第5回に至るまでの内国勸業博覧会における科学機器の進歩は確かに模倣から国産化への動きではあるが、製作学教場では作られることのなかった計測機器類がもっとも早く国産化に向けて動き出すこと、その一方では光学ガラスや化学ガラスなど、その材質が科学的研究の成果の上にある分野では、形態そのものはいたって単純なビーカーや坩堝などでさえ十分な製作が行えず、寒暖計製作程度がようやく国産化しうる段階であったこと、構造的にも複雑で組み立てそのものに光学的知識を要する光学機器類は模倣さえ行えない状況にあったことなどが確認された。つまり、模倣といえどもそれはいわゆる猿まねとは違い、一定の需要が存在していること、科学機器の素材、加工、組立、作動にいたるまで、そこにいわば「物化」されている科学的知見が理解されていること、そしてそうした加工が可能な工作機械の存在や材料の供給、それらを使いこなせる技能者の存在など、さまざまな条件が出揃ってはじめて可能となるのである。

技術導入はまねればできる、という単純なものでないことは今日の技術移転や技術協力の経験からも明らかであり、模倣がもつ意味はこうした技術的、社会的、さらに科学的基礎との関わりで再検討する必要があるものと考ええる。それは同時に、科学研究のための技術的基盤がどう構成され、展開してきたのかを検討することでもある。近代的工業生産の基礎となる機械工作技術の発展は、日本では他の工業部門と比較して特に遅れ、これが日本工業の跛行的な成長の原因になったといわれるが、同様なことが科学発展にも見られるのではないかと考えられるからである。しかし国内における技術的基盤の脆弱さを輸入機器類が補完してきたことも明らかであろう。輸入機器類がわが国の科学研究に占める位置はもちろんのこと、科学機器制作部門に及ぼした影響などを明らかにする必要があると考えられるのである。科学研究における技術的基盤を国際的な視点から再検討する必要があり、科学研究の自立性と国際的な協力関係のあり方の歴史的構造を解明していく努力が求められているといえる。

注

- (1) D. J. Warner: "What is a scientific instrument, when did it become one, and why?", BJHS, 1990, 23, 83-93. 実験機器、理化学機器のような名称は別として日本で「科学機器」という言葉がはじめて使用されたのがいつかはまだ確認していない。明治年間についていえば、'scientific instrument' は「学術器械」の用語が当てられている。日本理化学機器商工会が科学機器協会に改組されるのは1960

年であり、これ以降産業界ではそれまでの理化学機器、理化学器械の名称が科学機器に統一されたわけで、近々40年前のことである。

- (2) 拙著：「実験史論の試み」、『国際文化研究』（東北大学国際文化学会）、No.2、1995年、pp.106－110。
- (3) 中川保雄：「明治初期における理化学器械製造業の形成」、『科学史研究』、第Ⅱ期、第17巻、No.126、1978年、pp.101－110。
- (4) 拙著：「わが国における実験機器製作技術の史的分析のための一試論」、『東北大学科学史科学技術論叢』、No.1、1996.12、p.142。
- (5) 拙著：「実験史論の試み」前掲論文(2)、p.112。
- (6) 大久保準三：「創立当時の思い出」、『科研50年』、東北大学科学計測研究所、1995年、p.29。
- (7) この問題は「自立」をどう定義するのかによって著者によって異なるが、日本人による創造的な研究が開始される時期として考えれば、ほぼ1900年代といえる。日本科学史学会編：『日本科学技術史大系 第13巻・物理科学』、第一法規出版、1970年、p.17、p.22。
- (8) 1919（大正8）年に東京教育用品同業組合の第一部会から分離独立する形で東京理化学器械同業組合が設立されており、この時代に理化学器械製造は産業部門として一分野を担うだけの地位を確立したと見ることができる。この組合員は理化学器械、医科器械、硝子、薬品、度量衡などの業者で構成されるが、初代組合長には、当時、理化学器械輸入の大手業者であった田中商事の社長が就任するように、全体としては輸入業者が業界をリードした。『東京科学機器協会50年史』東京科学機器協会、1996年、pp.4－5。
- (9) 今野喜清：「ワグネルと工業教育」、細谷俊夫編『産業教育史』、帝国地方行政学会、1965年、p.96。
- (10) 東京帝国大学：『東京帝国大学五十年史』、1932年、pp.325－332。製作学教場は1874（明治7）年「諸般ノ工職物品製造等各自其志ス所ニヨリテ直チニ其事ニ就キ専ラ実施術業ヲ学バシム」ことを目的に東京開成学校に設置された。この教則は11月には改正を加えられ、工作科は「鋳物、打物、指物、挽物、測量器等渾テ人衆日用ノ器材及ヒ理化学ニ関セル諸器ノ製造」を、製煉科は「染料、塗料、陶器、玻璃、石鹼ノ製造、皮革、油脂、蚕絲、木綿ノ精製等ニシテ渾テ人衆日用ノ物品及ヒ理化学ニ関セル諸薬品ノ製法」を学ぶものと具体的に決められた。
- (11) 細谷によれば「技術の科学的基礎を解明するために、学科の教授を包摂することが、当時の新思潮であったとはいえ、学科は所詮従属的位置を占めるにすぎず、教育の主軸は実習におかれた」という。細谷俊夫：『技術教育』、1944年、p.176。
- (12) 中川：前掲論文、p.103。
- (13) 高鋭一纂輯：『明治十年内国勸業博覧会出品解説 第8巻 第二区 第十六類 教育器具』、内国勸業博覧会事務局、1878年、p.4。ここでは『明治前期産業発達史資料 第7集(3)』（明治文献資料刊行会、1963年）に収録されたものを用いた。
- (14) 同上。

- (15) 『明治十年第一回内国勸業博覧会出品目録』、『明治前期産業発達史資料』No.191、p.48。
- (16) 高鋭一纂輯：前掲書、pp.3－16。
- (17) 拙著：前掲論文(2)、pp.114－116。
- (18) 東京帝国大学：前掲書、p.332。
- (19) 同上。
- (20) 高鋭一纂輯：前掲書、p.3。
- (21) 東京大学百年史編纂資料室にも問い合わせしてみたが、そうした資料はないとのことであった。
- (22) 中川：前掲論文、p.103。
- (23) 『明治十四年第二回内国勸業博覧会報告書 IV 第二区 第十四類第十五類第十九類』、『明治前期産業発達史資料』、No.156、p.66。
- (24) 『明治十四年第二回内国勸業博覧会報告書 I 第二区 第一類』、『明治前期産業発達史資料』、No.154、p.42。
- (25) 第一回内国勸業博覧会については、『明治十年内国勸業博覧会出品解説』全17巻は『明治前期産業発達史資料』の第7集(1)～(5)に、また『第一回内国勸業博覧会報告書』は同第8集(1)に、『内国勸業博覧会委員会報告』は同(3)に収録されている。ほかに『明治十年内国勸業博覧会出品目録』は同資料の勸業博覧会資料 No.178－189 に、また『内国勸業博覧会賞牌褒状授与人名録』は同 No.189－190 に、『内国勸業博覧会審査評語』は同 No.191－194 に収録されている。
- (26) 実際には^{ものさしめもりまかい}尺皮刻線機が第4区「機械」第2類「工作」に、蒸留器が第2区第2類「窯術製品」に、眼鏡は第2区第3類「玻璃」に分類されるなど、第2回との対応でいえば、他の分類項目中に含まれているものもあるが、それは数点にすぎない。
- (27) 高鋭一纂輯：前掲書、pp.1－3、pp.16－20。造幣局の製品は渾天儀、経緯簡儀、水平儀、航海吊用針盤、航海針盤、プリマス針盤、楕円規、北極高度標、排気鐘、避雷針、窮理玩具の11種で、いずれも少技師大野規周が「蘭国留学中見聞スル所ニ基ツキ或ハ諸書ニ散見スル者ニ依リテ技術生徒教導ノ為メニ」製作した。
- (28) 『明治十四年第二回内国勸業博覧会報告書IV 第二区第十四類第十五類第十九類』、『明治前期産業発達史資料』No.156、pp.1－192。第14類の出品者数は1,003人、出品総数は4,066個であるが、これは第14類中の細分項目11項目の合計で、科学機器類5項目の出品数は2割程度と推測される。
- (29) 井原聰：「日本電機工業の成立と電機技術の史的展開」、『昭和57年度産業技術の歴史的展開調査研究』、日本科学技術振興財団、1983年、p.138。
- (30) 『明治十四年第二回内国勸業博覧会報告書IV 第二区第十四類第十五類第十九類』、『明治前期産業発達史資料』No.156、p.98。
- (31) 同上、p.164。
- (32) 同上、p.87。

- (33) 同上、p.176。
- (34) 菊池大麓：「第五部第一類自其七至其十五物品審査報告書」、『第三回内国勸業博覧会審査第五部報告書』、『明治前期産業発達史資料』No.124、pp.51－84。
- (35) 同上、p.51。
- (36) 同上。
- (37) 永田英治：『日本理科教材史』、東京法令出版、1994年、pp.37－38。
- (38) 同上。
- (39) 菊池大麓：前掲書³⁴⁾、No.124、p.65。この部門の審査官主任は長井長義であり、審査報告書は菊池大麓によって書かれた。
- (40) 同上書、No.124、p.58。
- (41) この回の主任審査官は菊池大麓のほか、箕作佳吉、長井長義、山川義太郎、上原六四郎であった。審査員の一覧は同上書、pp.52－56。
- (42) 同上書、p.77。
- (43) 同上書、p.76。
- (44) 同上書、pp.76－77。
- (45) 『第四回内国勸業博覧会審査第五部報告書』、『明治前期産業発達史資料』、No.105
- (46) 菊池大麓：「第五部第三十九類審査報告」、同上書、pp.103－134。
- (47) 同上書、pp.104－108。学芸は全体では6項目に細分されているので細目別出品種類点数及び人員表から、5項目分を足し合わせた数である。
- (48) 三宅秀：「第五部第四十類審査報告」、同上書、p.141。「望遠鏡、顕微鏡其他視学器」の細目は医学博士の三宅秀が審査を行ったので、その報告は「医学及び衛生」の部門で行われた。
- (49) 菊池大麓：前掲書⁴⁶⁾、p.118。
- (50) 菊池大麓：「総評」、同上書、pp.126－129。
- (51) 山口鋭之助：「第五十二類測定器」、『第五回内国勸業博覧会第九部審査報告』、『明治前期産業発達史資料』No.57、pp.271－300。
- (52) 村岡範爲馳：「第五十類學術」、『第五回内国勸業博覧会第九部審査報告』、『明治前期産業発達史資料』、No.57、pp.155－211。
- (53) 同上、p.172。
- (54) 同上、p.173。
- (55) 同上、p.172。
- (56) 細谷俊夫：「明治以降産業教育の概観」、『産業教育史』、p.16。
- (57) 同上。
- (58) 齊藤健次郎：「手島精一と工業教育」、『産業教育史』、p.180。

- (59) ジェームス・ワットがグラスゴー大学の科学機器製作者だったことはよく知られるが、グラスゴー大学の W. トムソンの特許を製品化したコンプトン会社、キャベンディッシュ研究所を母体としたケンブリッジ科学機器会社などは著名である。
- (60) 島津源蔵が京都舎密局のワグネルらに指導を受けたことはよく知られる。
- (61) 藤岡由夫監修：『長岡半太郎伝』、朝日新聞社、1973年、p.104。
- (62) 市原鶏也：『千野一雄伝』、千野製作所、1970年、非売品、pp.4-5。千野米吉は千野製作所を創設した千野一雄の父親で、米吉の工場は千野製作所の専属工場の1つであった。
- (63) 『乾電池工業史』（p.22）によれば、この地震計にも屋井の乾電池が使われ、イギリスの博覧会に出品されて1等賞を得ている。
- (64) 大森房吉は1898年ごろ最初の地震計をつくり、東大校内に設置して常時観測を試みているが、有名なのは1902年に発表された微動計（Tromometer）と、1904年に発表されたいわゆる大森式地震計である。
- (65) 具体的に職工が製作したという記録は残されていないが、例えば田中館愛橘が金属工の佐野克之の腕を非常に高く買っていたことが知られ、また1892年のシカゴ万博に帝国大学理科大学の製品として地震計が出品され、しかもその電源として屋井先蔵の乾電池が使われたことなどを見れば、学内の職工によって造られたものと考えられる。田中館愛橘については、『長岡半太郎伝』、p.140、シカゴ万博の出品については『日本乾電池工業史』、日本乾電池工業会、1960年、p.15、p.485。
- (66) 藤岡由夫監修：前掲書、p.140。ここに挙げた長岡の給料は決して高いものではなく、この時の主任教授の年俸は長岡の5.5倍、外人教師のそれは15倍であった。
- (67) 市原鶏也：前掲書、p.5。また『日本乾電池工業史』、p.14。
- (68) 藤岡由夫監修：前掲書、p.141。
- (69) 和田維四郎：「職工ノ保護」、『学林』、第2～3号。『日本科学技術史大系 通史1』、pp.476-479。
- (70) 手島精一：『回顧五十年』、p.18。
- (71) 『東京府農商工便覧 第一回』（明治22年、国立国会図書館蔵）、日本科学史学会編：『日本科学技術史大系 通史1』、第1巻、第一法規出版、1964年、pp.470-472。
- (72) 市原鶏也：前掲書、p.19。
- (73) 拙著：「実験史論の試み」、前掲論文(2)、pp.111-112。
- (74) 長岡半太郎：「回顧談」、『日本物理学会誌』 vol.5、No.6、1950年、pp.323-328。
- (75) 東北帝国大学『明治四十四年以降外国留学生関係(一)綴』（東北大学記念資料室蔵）、東北大学：『東北大学五十年史』、p.592。
- (76) 東北大学：同上書、p.66。
- (77) 東北大学：同上書、p.1572。
- (78) 永平幸雄、川合葉子、鉄尾実与資：「明治19年以前の京都大学旧教養部旧蔵物理実験機器の分析」、

『科学史研究』Ⅱ、No.33、1994年秋、pp.129－138、ほか一連の調査報告がある。

- (79) 文部省科学局：『科学研究用機械器具収録（使用中ノモノ）ノ部 上下』、1943年。文部省による調査は「現ニ使用セザルモノ（退蔵品）」「装置」「現ニ使用中ノモノ」の3種に分けて行われ、それぞれ報告書が印刷頒布された。ここでは「現ニ使用中ノモノ」の調査だけを用いた。